

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. August 2005 (11.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/073485 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **E04F 21/165**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/000759

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Januar 2005 (26.01.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 004 765.0 29. Januar 2004 (29.01.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **RWE SPACE SOLAR POWER GMBH** [DE/DE];
Theresienstr. 2, 74072 Heilbronn (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BENSCH, Werner**
[DE/DE]; Im Pfädle 12, 74226 Nordheim (DE).

(74) Anwalt: **STOFFREGEN, Hans-Herbert**; Friedrich-
Ebert-Anlage 11b, 63450 Hanau (DE).

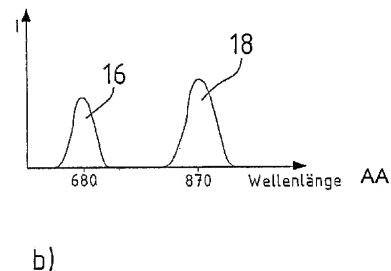
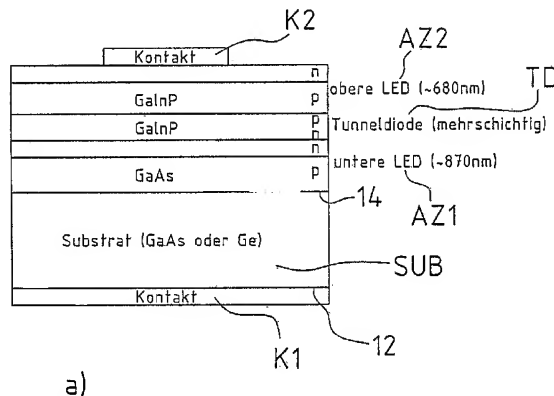
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SEMICONDUCTOR STRUCTURE COMPRISING ACTIVE ZONES

(54) Bezeichnung: AKTIVE ZONEN AUFWEISENDE HALBLEITERSTRUKTUR



K1, K2 ... CONTACT
AZ2 ... UPPER LED (~680 NM)
TD ... TUNNEL DIODE (MULTI-LAYER)
AZ1 ... LOWER LED (~870NM)
SUB ... SUBSTRATE (GAAS OR GE)
AA ... WAVELENGTH

(57) Abstract: The invention relates to a semiconductor structure with active zones, such as light diodes or photodiodes (10, 16, 24, 26, 36, 46, 54, 68, 74, 80), comprising a substrate (SUB) with at least two active zones (AZ1 - AZn), each of which emits or absorbs a radiation of differing wavelength. According to the invention, a multi-wavelength diode may be achieved, whereby a first (lower) active zone (AZ1) is grown on a surface of the substrate (SUB), whereby one or several further active zones (AZ1 - AZn) are epitaxially grown one on the other and the active zones (AZ1 - AZn) are serially connected from the lower active zone (AZ1) to an upper active zone (AZn), by means of tunnel diodes (TD1 - TDn), serving as low-impedance resistors.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/073485 A1



PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur wie Leuchtdiode oder Photodiode (10, 16, 24, 26, 36, 46, 54, 68, 74, 80), umfassend ein Substrat (SUB) mit zumindest zwei aktiven Zonen (AZ1 - AZn), von denen jede eine Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge emittiert oder absorbiert. Zur Realisierung einer Multi-Wavelength-Diode ist vorgesehen, dass eine erste (untere) aktive Zone (AZ1) auf eine Oberfläche des Substrates (SUB) aufgewachsen ist, wobei ein oder mehrere weitere aktive Zonen (AZ1 - Azn) übereinander epitaktisch aufgewachsen sind und wobei die aktiven Zonen (AZ1 - AZn) über als niederohmige Widerstände dienende Tunnelndioden (TD1 - TDn) von der unteren aktiven Zone (AZ1) bis zu einer oberen aktiven Zone (AZn) seriell verschaltet sind.

Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur

Die Erfindung bezieht sich auf eine aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach dem Oberbegriff des Anspruch 1 sowie auf ein Verfahren zur Herstellung einer solchen. Ferner bezieht sich die Erfindung auf einen Mischfarben-Sensor sowie auf ein die aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur enthaltendes Farbdisplay.

Eine aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur der oben genannten Art ist in einem Aufsatz von I. Ozden et al.: „A dual-wavelength indium gallium nitride quantum well light emitting diode“ in Applied Physics Letters, Vol. 79, Nr. 16, 2001, S. 2532 – 2534, beschrieben. Dabei handelt es sich um eine monolithische, Zweifachwellenlängen (Blau/grün) lichtemittierende Diode (LED) mit zwei aktiven Indium-Gallium-Nitrid/Galliumnitrid (InGaN/GaN) Mehrfachquantentopf-Segmenten. Die Segmente sind Teil einer einzelnen vertikalen Epitaxialstruktur, in der ein $p^{++}/n^{++}/\text{InGaN/GaN}$ Tunnelübergang zwischen den LED's eingefügt ist. Die Segmente emittieren jeweils bei 470 nm und 535 nm.

Die EP-A-1 403 935 offenbart eine lichtemittierende Diode mit einem ersten aktiven Bereich, einem zweiten aktiven Bereich und einem Tunnelübergang. Der Tunnelübergang umfasst eine Schicht aus einem ersten leitfähigen Typ und eine Schicht aus einem zweiten leitfähigen Typ, die beide dünner sind als eine Schicht eines ersten leitfähigen Typs und eine Schicht eines zweiten leitfähigen Typs, welche den ersten aktiven Bereich umgeben. Der Tunnelübergang erlaubt die vertikale Stapelung der aktiven Bereiche, wodurch das durch das Element erzeugte Licht ohne Vergrößerung der Größe der Lichtquelle gesteigert werden kann.

Die EP-A-0 727 830 bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer lichtemittierenden Diode (LED) mit einer Mehrzahl von Schichten umfassend angrenzende erste

und zweite Schichten, die an einem Zwischenstück verbunden sind. Die Herstellung kann nach dem Wafer-Bonding-Verfahren durchgeführt werden. Multiple LED-Strukturen können mit anderen Schichten verbunden werden, wenn die Zwischenschicht derart ausgebildet ist, dass eine hohe elektrische Leitfähigkeit durch das Element gewährleistet ist. Der Dotierungstyp der Schichten der oberen LED-Struktur entspricht dem Dotierungstyp der Schichten der unteren LED-Struktur. Somit werden die beiden LED-Strukturen mit derselben Polarität zueinander angeordnet. Die miteinander zu verbindenden (Wafer-Bonding) Oberflächen sollten sehr hoch dotiert sein. Wenn die Strukturen gebondet werden, wird ein hochdotierter Tunnelübergang mit entgegengesetzter Polarität der LED's gebildet. Alternativ wird vorgeschlagen, dass der Tunnelübergang epitaktisch aufgewachsen wird.

Aus der WO-A-00/77861 ist eine aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur bekannt, umfassend eine Vielzahl auf verschiedene Wellenlängen selektive aktive Schichten, die in einem vertikalen Stapel auf einem Substrat angeordnet sind, so dass dem einfallenden Licht ermöglicht wird, die Schichten mit gleichförmig abfallenden Bandlücken zu durchqueren. Photonen unterschiedlicher Energie werden dabei selektiv absorbiert oder von den aktiven Schichten emittiert. Kontaktmittel sind separat an den äußeren Seiten jeder Schicht oder einem Satz von Schichten mit den gleichen Parametern angeordnet zum Abführen von Ladungen, die in den photonen-absorbierenden Schichten erzeugt werden und/oder Einleiten von Ladungsträgern in die photonenemittierenden Schichten. Einsatzzweck für dieses Element sind beispielsweise Displays oder Solarzellen.

Die EP-B-0 649 202 bezieht sich auf einen Halbleiterlaser und dessen Herstellungsverfahren. Der Halbleiterlaser besteht aus einer Vielzahl von durch Löten derart übereinander geschichteten Halbleiterchips, dass ihre Laserabstrahlungsoberflächen koplanar zueinander angeordnet sind, wobei jeder Laserchip ein Substrat mit darauf aufgetragenen Epitaxierschichten einschließlich einer aktiven Schicht aufweist.

Aus der WO 99/57788 ist eine weitere lichtemittierende Halbleitereinrichtung der oben genannten Art bekannt. Dort wird eine zweifarbige Lichtemissions-Halbleitereinrichtung beschrieben, die zwischen ihrer Vorderseite und ihrer Rückseite eine erste oberflächenemittierende Lichtemissionsdiode mit einer ersten aktiven Zone, welche die Strahlung einer ersten Wellenlänge emittiert und einer zweiten oberflächenemittierenden Lichtemissionsdiode mit einer zweiten aktiven Zone, welche die Strahlung einer zweiten Wellenlänge emittiert, wobei zwischen beiden aktiven Zonen eine erste Reflektionsschicht angeordnet ist, die für die erste Wellenlänge reflektierend und für die zweite Wellenlänge durchlässig ist. Ferner ist vorgesehen, dass zwischen der zweiten aktiven Zone und der Rückseite eine zweite Reflektionsschicht angeordnet ist, die für die zweite Wellenlänge reflektierend ist. Die Reflektionsschichten bewirken eine bessere Ausnutzung des in Richtung auf die Rückseite aufgestrahlten Lichtes beider Dioden und sind vorzugsweise aus einem Mehrschichtsystem aus Schichten mit abwechselnd hohem und niedrigem Brechungsindex gebildet, wobei die Schichten vorzugsweise aus einem Gitter angepassten Halbleitermaterial aufgebaut sind.

Bei der bekannten Halbleitereinrichtung sind die aktiven Zonen auf zwei gegenüberliegenden Oberflächen eines Substrates aufgebracht, so dass eine von der unteren aktiven Zone emittierte Lichtstrahlung das Substrat sowie zumindest eine Reflektionsschicht durchqueren muss, wodurch optische Verluste möglich sind. Des Weiteren sind mit der bekannten Lichtemissionshalbleitereinrichtung lediglich zwei Lichtstrahlungen erzeugbar. Dem Einsatz als Farbdisplay sind damit Grenzen gesetzt.

Davon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, eine aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen derart weiterzubilden, mit der die Nachteile des Standes der Technik behoben werden. Insbesondere soll eine lichtemittierende Halbleitereinrichtung sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen derart weitergebildet werden, dass die Lichtausbeute verbessert, das Herstellungsverfahren vereinfacht und mehrere Photonen-Emissions-Peaks unterschiedlicher Wellenlänge innerhalb eines Halbleitermaterials erzeugbar sind.

Das Problem wird erfindungsgemäß durch eine erste Ausführungsform dadurch gelöst, dass die Halbleiterstruktur als eine definiert viele Lichtwellenlängen emittierende oder absorbierende Multiwavelength-Diode ausgebildet ist dass zwischen der unteren aktiven Zone und der oberen aktiven Zone ein oder mehrere weitere aktive Zonen epitaktisch aufgewachsen sind, dass die unterste aktive Zone eine geringe energetische Bandlücke aufweist, wobei die folgenden aktiven Zonen jeweils eine höhere energetische Bandlücke aufweisen, als eine vorherige aktive Zone und dass die zum Aufwachsen bzw. Epitaxieren der Trenndioden bzw. Tunneldioden verwendeten Halbleitermaterialien entweder einen indirekten Bandübergang aufweisen oder eine energetische Bandlücke, die jeweils etwas höher liegt als die der darunter liegenden verwendeten Halbleitermaterialien.

Mit der erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleitereinrichtung, die auch als Multi-Wavelength-Diode bezeichnet werden kann, können mehrere Photonen-Emissions-Peaks unterschiedlicher Wellenlänge innerhalb eines Chips erzeugt werden. Das Prinzip beruht darauf, dass auf einem geeigneten Substrat epitaktische Halbleitermaterialien aufgewachsen werden. Die lichtemittierenden, als pn- oder np-Übergänge ausgebildeten aktiven Zonen werden in dem Chip von unten nach oben seriell verschaltet. Dabei erfolgt die Verschaltung epitaktisch über Trennschichten wie beispielsweise Trenndioden, die als niederohmige Widerstände verwendet werden. Diese Trenndioden bestehen aus einem np- oder pn-Übergang, an dem eine nur sehr geringe entgegengerichtete Spannung abfällt.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform wird das Problem erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Halbleiterstruktur als eine definiert viele Lichtwellenlängen emittierende oder absorbierende Multiwavelength-Diode ausgebildet ist, dass zwischen der unteren aktiven Zone und der oberen aktiven Zone ein oder mehrere weitere aktive Zonen epitaktisch aufgewachsen sind, dass die unterste aktive Zone eine geringe energetische Bandlücke aufweist, wobei die folgenden aktiven Zonen jeweils eine höhere energetische Bandlücke aufweisen, als eine vorherige aktive Zone und dass die Trennschicht als metallischer Kontakt ausgebildet ist.

Die alternative Ausführungsform sieht vor, dass als Zwischenschicht ein leitfähiger, z. B. metallischer Kontakt für die serielle Verschaltung eingesetzt ist.

Es ist vorgesehen, dass das Material des Substrates GaAs, Ge, InP, GaSb, GaP, InAs, Si, SiGe, SiC, SiGe : C, Saphir, Diamant ist.

Des Weiteren ist vorgesehen, dass das Material der aktiven Zonen GaAs, GaInP (geeignete Kompositionen), AlGaAs (viele geeignete Kompositionen), GaInAs (geeignete Kompositionen), AlInGaP (viele geeignete Kompositionen), GaAsN, GaN, GaInN, InN, GaInAlN (geeignete Kompositionen), GaAlSb, GaInAlSb, CdTe, MgSe, MgS, 6HSiC, ZnTe, CgSe, GaAsSb, GaSb, InAsN, 4H-SiC, α - Sn, BN, BP, BAs, AlN, ZnO, ZnS, ZnSe, CdSe, CdTe, HgS, HgSe, PbS, PbSe, PbTe, HgTe, HgCdTe, CdS, ZnSe, InSb, AlP, AlAs, AlSb, InAs und/oder AlSb ist oder eine oder mehrere dieser Materialien enthält.

Eine Bandemissionsdiode zeichnet sich durch folgenden Aufbau aus:

- ein GaAs- oder Ge-Substrat,
- eine auf das Substrat aufgewachsene GaAs-Diode (untere Diode),
- darüber in abwechselnder Reihenfolge eine auf die GaAs-Diode aufgewachsene Trenndiode wie GaInP-Trenndiode bzw. AlGaAs-Trenndiode gefolgt von einer auf die Trenndiode aufgewachsenen GaInP-Diode bzw. AlGaAs-Diode, wobei die Anzahl der Dioden (AZ1 – AZn) die Anzahl der Peaks einen Bandemissionsbereich definiert.

Der Bandemissionsbereich ist dadurch definiert, dass die Anzahl der Dioden, die Anzahl sowie deren Breite der Peaks einen zusammenliegenden Lichtemissionsbereich ausbildet, in der Art, wie er durch einen einzelnen Peak nicht erreicht werden könnte, somit einen resultierenden Emissionsbereich erhält.

Des Weiteren ist vorgesehen, dass auf eine aktive Zone eine Absorptionsschicht mit gleichem Material der pn-Schicht der aktiven Zone aufgewachsen ist. Dies geschieht

zum Zweck der Intensitätsanpassung von emittiertem Licht der jeweiligen aktiven Zone im Falle der seriellen Verschaltung.

Auch können die einzelnen aktiven Zonen jeweils mit einem eigenen metallischen Kontakt zum Anschluss einer Zuleitung versehen sein für den Fall, dass jede oder ausgesuchte einzelne aktive Zonen separat angesteuert werden sollen.

Eine Mischfarben-LED der Farbe braun mit nur einem Chip weist vorzugsweise folgenden Aufbau auf:

- ein GaAs- oder Ge-Substrat,
- eine auf das Substrat aufgewachsene untere aktive Zone aus z. B. GaInP (auch AlGaInP), deren geeignete Emissionswellenlänge im roten Bereich liegt,
- eine erste auf die untere aktive Zone aufgewachsene Trenndiode aus GaInP oder AlGaInP, deren Bandenergie höher liegt als die der darunterliegenden aktiven Zone,
- eine auf die Trenndiode aufgewachsene mittlere aktive Zone aus AlInGaP, deren Emissionswellenlänge im gelben Bereich liegt,
- eine zweite Trenndiode und deren Bandenergie unter der Bandenergie der darunterliegenden aktiven Zone liegt und
- eine auf die zweite Trenndiode aufgewachsene obere aktive Zone aus AlInGaP, deren Emissionswellenlänge im grünen Bereich liegt.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass eine Mischfarben-LED umfasst:

- ein GaAs- oder Ge-Substrat (SUB),
- eine auf das Substrat aufgewachsene untere aktive Zone (AZ1) gefolgt von zwei weiteren aktiven Zonen (AZ2 – AZn) zwischen denen jeweils eine Tunneldiode (TD1 – TDn) angeordnet ist und wobei die obere aktive Zone (AZn) einen metallischen Kontakt (K) zur Verbindung mit einem elektrischen Anschluss aufweist.

Dabei kann vorgesehen sein, dass der zwischen den aktiven Zonen angeordneten Metallkontakt geklebt, gelötet, gedrückt, gebondet oder geschweißt ist.

Ein Teil der gewünschten Mischfarben werden durch 1-Chip-Bauteile mit unterschiedlichen aktiven Zonen mit Trenndioden erzeugt, ein zweiter Teil der gewünschten Mischfarben werden durch einen anderen Chip erzeugt, wobei die aktiven Zonen über eine metallische Verbindung zusammengefügt werden. Somit entsteht das gesamte Spektrum der gewünschten Mischfarben.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die untere aktive Zone aus einem AlInGaP-Material mit einer Wellenlänge von ca. 620 nm ist, dass die mittlere aktive Zone ein AlInGaP-Halbleitermaterial mit einer Wellenlänge von ca. 550 nm ist und dass die obere aktive Zone ein GaInN-Halbleitermaterial mit einer Wellenlänge im Bereich von ca. 400 bis 450 nm ist. Bei dieser Ausführungsform entsteht die Mischfarbe „weiß“ aus einem einzigen Chip.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform bezieht sich darauf, dass die aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur als Mischfarben-Sensor ausgebildet ist, wobei die aktiven Zonen als Photodioden ausgebildet sind. Ein bevorzugter Mischfarbensensor weist den folgenden Aufbau auf:

- ein GaAs- oder ein Ge-Substrat auf dessen Unterseite ein metallischer Kontakt und auf dessen Oberseite eine GaInP- oder AlInGaP-Photodiode aufgebracht wie aufgewachsen ist,
- dass auf der Photodiode eine np-Trenndiode aus einem AlInGaP-, AlGaAs- oder GaInP-Material aufgebracht ist,
- ein zweiter pn-Übergang aus einer AlInGaP-Photodiode,
- eine np-Trenndiode und
- ein dritter pn-Übergang als die GaAlN- oder AlGaInN-Photodiode.

Dabei ist vorgesehen, dass die erste Photodiode in einem Wellenbereich von $\lambda = 600$ nm bis 680 nm liegt, dass die mittlere Photodiode in einem Wellenbereich von $\lambda = 550$ nm liegt und dass die dritte Photodiode in einem Wellenbereich von $\lambda = 400$ nm bis 450 nm

liegt, und somit ein 1-Chip Weißlicht-Analysator ist. Dabei ist jede der lichtdetektierenden Photodioden mit einem metallischen Kontakt zum Anschluss einer elektrischen Leitung versehen.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung als Mischfarbensensor, wobei die aktiven Zonen als Photodioden ausgebildet sind, kann eintreffendes Mischfarbenlicht selektiv in den dazugehörigen aktiven Zonen absorbiert werden, so dass ein in diesen generierter Strom selektiv abgegriffen werden kann.

Die Ausbildung als AlGaInN-Photodiode bietet den Vorteil, dass insgesamt ein Weißlicht-Detektor entsteht, der die drei Grundfarben blau, grün und rot in seiner Zusammensetzung der Intensität nach, d. h. über den generierten Strom in den jeweiligen aktiven Zonen, analysieren kann.

Schließlich bezieht sich die Erfindung darauf, dass die aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur ein Farbdisplay bildet. Dabei kann das Farbdisplay aus einer Vielzahl von lichtemittierenden Halbleitereinrichtungen gemäß vorliegender Erfindung bestehen, wobei im Pixel des Farbdisplays einer lichtemittierenden Halbleitereinrichtung entspricht und wobei jeder Pixel und die entsprechenden Farben selektiv ansteuerbar sind.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen –für sich und/oder in Kombination-, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von den Zeichnungen zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

- Fig. 1a, b einen schematischen Aufbau einer Zwei-Peak-Diode mit zugehöriger Wellenlängen-Intensitätsverteilung ,
- Fig. 2 eine Übersicht über Materialeigenschaften verschiedener Halbleitermaterialien,

- Fig. 3a, b eine beispielhafte Bandemissionsdiode mit zugehöriger beispielhafter Wellenlängen-Intensitätsverteilung
- Fig. 4a, b die beispielhafte Bandemissionsdiode gemäß Fig. 3 mit einer zwischen einer aktiven Zone und einer Trenndiode angeordneten Absorptionsschicht und beispielhaften Wellenlängen-Intensitätsverteilung,
- Fig. 5 einen schematischen Aufbau einer beispielhaften Mehrfach-Wellenlängen-Diode mit explizit ansteuerbaren aktiven Zonen,
- Fig. 6a, b einen schematischen Aufbau einer beispielhaften Mischfarben-Leuchtdiode (braun) mit beispielhafter Wellenlängen-Intensitätsverteilung,
- Fig. 7a, b einen beispielhaften schematischen Aufbau einer Mischfarben-Leuchtdiode (weiß) mit beispielhafter Wellenlängen-Intensitätsverteilung,
- Fig. 8a, b einen schematischen Aufbau eines beispielhaften Mischfarben-Sensors mit zugehöriger Wellenlängen-Intensitätsverteilung,
- Fig. 9a, b einen schematischen Aufbau einer beispielhaften Mehrfach-Peak-Leuchtdiode mit Trenndioden-Kontakten bzw. Metallkontakten und beispielhaften Wellenlängen-Intensitätsverteilung,
- Fig. 10 einen schematischen Aufbau einer Halbleiterstruktur mit getrennt ansteuerbaren Diodenaufbauten,
- Fig. 11 einen schematischen Aufbau einer Halbleiterstruktur mit getrennt ansteuerbaren Diodenaufbauten und
- Fig. 12 einen schematischen Aufbau eines Farbdisplays.

Fig. 1 zeigt einen schematischen Aufbau einer aktiven Zonen AZ aufweisenden Halbleiterstruktur 10, die als Zwei-Peak-Leuchtdiode bezeichnet werden kann. Die Zwei-Peak-Diode 10 umfasst ein Substrat SUB, welches beispielsweise aus GaAs- oder Ge-Material besteht. Eine untere Oberfläche 12 des Substrates SUB ist mit einem metallischen Kontakt K1 versehen, wobei auf einer oberen Oberfläche 14 eine erste (untere) aktive Zone AZ1 als beispielsweise GaAs-Diode aufgewachsen ist. Über der unteren aktiven Zone AZ1 ist eine Trennschicht TD1 als Trenndiode beispielsweise GaInP-Trenndiode angeordnet, die eine Dicke im Bereich von ca. 40 nm aufweist. Diese Trenndiode TD dient und wirkt wie ein als niederohmiger Verbindungswiderstand für die serielle Verschaltung der als pn-Übergang ausgebildeten unteren aktiven Zonen AZ1. Über die Tunneldiode TD wird eine weitere, obere aktive Zone AZ2 gewachsen, die beispielsweise als GaInP-Diode ausgebildet ist. Der Fig. 1b ist eine beispielhafte spektrale Verteilung zu entnehmen, wobei ein erster Peak 16 im Bereich der Wellenlänge 680 nm liegt (GaInP) und ein zweiter Peak 18 im Bereich der Wellenlänge 870 nm (GaAs).

Die für den Aufbau der erfindungsgemäßen Halbleitereinrichtung verwendeten Halbleitermaterialien werden vorzugsweise nach folgenden Kriterien bestimmt:

- epitaktisches Wachstum auf dem Substrat SUB wird ermöglicht,
- geeignete Bandlücke und geeignetes Dotierniveau, welches die gewünschte Emissionswellenlänge erzeugt,
- Der unterste pn-Übergang AZ1 weist die kleinste energetische Bandlücke für die Lichterzeugung auf, die darüber liegenden als pn-Übergänge ausgebildeten aktiven Zonen AZ1 bis AZn weisen jeweils höhere energetische Bandlücken auf, da ansonsten die emittierte Strahlung der darunter liegenden Diode LED1 absorbiert wird,
- die Bandlücke der Halbleitermaterialien, aus dem die Trenndiode TD hergestellt wird, sollte ebenfalls höher sein als die energetische Bandlücke der darunter liegenden aktiven Zone AZ_x, da ansonsten auch dort Absorption stattfindet, wobei

die Trenndiode TD idealerweise aus einem indirekten Halbleiterübergang besteht,

- epitaktisches, kristallines Wachstum der verwendeten Halbleitermaterialien auf die darunter liegende Schicht.

Eine in Fig. 1 a schematisch dargestellte aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur 10 stellt die Grundlage dar, auf der eine Reihe von Gestaltungsmöglichkeiten aufgebaut werden können. So können z. B. Mehr-Peak-Dioden hergestellt werden, die auf einen bestimmten Anwendungsfall abgestimmt werden. Ferner können Bandemissionsdioden hergestellt werden, die von einer bestimmten Anfangswellenlänge zu einer bestimmten Endwellenlänge quasi kontinuierlich Licht emittieren. Des Weiteren können Mischfarben-LED's mit nur einem Chip hergestellt werden.

Im Folgenden werden weitere schematische Aufbauten von Multi-Wavelength-Dioden erläutert.

Aus der beispielhaften epitaktischen Landkarte können beispielhaft geeignete Materialsysteme entnommen werden. So kann das Substrat SUB beispielsweise als GaAs-Substrat oder als Ge-Substrat gewählt werden. Darauf eignen sich z. B. für ein epitaktisches Wachstum aktive Zonen AZ Materialien wie GaAs, GaInP (geeignete Kompositionen), AlGaAs (viele geeignete Kompositionen), GaInAs (geeignete Komposition), AlInGaP (viele geeignete Kompositionen) oder sogar GaAsN, GaN, InN, GaInN, GaInAlN (geeignete Kompositionen), GaAlSb, GaInAlSb, CdTe, HgTe, HgCdTe, CdS, ZnSe, InSb, AlP, AlAs, AlSb, InAs, AlSb, MgSe, MgS, 6HSiC, ZnTe, CdSe, GaAsSb, GaSb, InAsN, 4H-SiC, α -Sn, BN, BP, BAs, AlN, ZnO, ZnS, ZnSe, CdSe, CdTe, HgS, HgSe, PbS, PbSe, PbTe.

Auch können andere Substrate SUB verwendet werden, wie z. B. InP, GaSb, InAs, Si, GaP, Diamant, Saphir, SiGe, SiC, SiGe : C und viele mehr.

In Fig. 3 ist rein schematisch der Aufbau einer beispielhaften Bandemissionsdiode 16 dargestellt. Die Bandemissionsdiode 16 umfasst ein Substrat SUB wie GaAs-

oder Ge-Substrat mit einem unteren Kontakt K1 und einer auf dem Substrat aufgewachsenen aktiven Zonen AZ1 als GaAs-Diode (untere Diode). Auf der LED1 ist eine Trenndiode TD als niederohmiger Verbindungswiderstand für die serielle Verschaltung zu der nächsten LED2 vorgesehen. Die Trenndiode TD1 besteht aus AlGaAs oder GaInP. Darüber wird die nächste aktive Zone AZ2 als pn-Übergang gewachsen (AlGaAs-Diode mit wenig Al-Gehalt). Anschließend wird wieder eine np-Trenndiode TD2 eingesetzt, so dass sich schließlich Trenndioden TD und aktive Zonen AZ abwechseln. Auf der obersten aktiven Zone AZ6 (beispielhaft) ist ein Kontakt K2 vorgesehen.

Eine spektrale Verteilung 18 ist in Fig. 3b dargestellt, die den Verlauf von sechs Peaks P1 -P6 und die daraus entstehende Einhüllende E, die gleichzeitig den Bandemissionsbereich darstellt.

Verwendet man beispielhaft eine GaAs-Diode mit einem Wellenlängenbereich $\lambda = 870$ nm als untere aktive Zone AZ1, darauf folgend eine AlGaAs-Diode (λ von 875 – 625 nm einstellbar) als TD1 und darauf folgend geeignete Kompositionen im AlInGaP-Mischkristallsystem (λ von 650 nm bis 540 nm einstellbar), so kann ein Bandemissionsbereich E von $\lambda = 870$ nm bis 540 nm hergestellt werden. Dies bedeutet eine Bandemission von infrarot bis grün.

Dieses Konzept erlaubt auch die Herstellung von Bandemissionsdioden mit freien Bereichen, d. h. Emissionslöchern.

Falls die Intensität einer einzelnen aktiven Zone AZn (Leuchtdiode) - wie in Fig. 4a, b dargestellt – einen helleren bzw. intensiveren Peak 20 zeigt, besteht die Möglichkeit, unmittelbar über der aktiven Zone eine Absorptionsschicht ABS geeigneter Dicke und aus dem gleichen Material zu placieren, aus dem die pn-Schicht AZn besteht.

Fig. 4b zeigt den Peak 20 ohne Absorptionsschicht und einen korrigierten Peak 22 mit Absorptionsschicht ABS.

Fig. 5 zeigt eine schematische Anordnung einer lichtemittierenden Halbleitereinrichtung 24, umfassend ein Substrat SUB mit darauf aufgewachsenen aktiven Zonen AZ1 – AZ 6, die über Tunnelndioden TD1 – TD5, welche zwischen den aktiven Zonen AZ1 – AZ6 angeordnet sind, seriell miteinander verschaltet sind. Die Ausführungsform der lichtemittierenden Halbleitereinrichtung 24 zeichnet sich dadurch aus, dass jede aktive Zone AZ1 – AZ6 mit einem metallischen Kontakt K1 – K6 versehen ist, mit der Möglichkeit, dass innerhalb der Halbleiterstruktur, die auch als Multi-Wavelength-Diodenstacks bezeichnet werden kann, bestimmte Wellenlängen-Peaks durch entsprechende Signale explizit ansteuerbar sind. Dadurch wird es möglich, Lichtemissionspeaks gezielt zu steuern bzw. zu regeln und zwar nach ihrer Helligkeit/Intensität, ihrer Farbe durch Auswahl der Peaks und nach bezweckter Mischfarbe oder gewünschten Bandemissionsteilbereichen.

Fig. 6a zeigt eine schematische Anordnung einer lichtemittierenden Halbleitereinrichtung 26, welche als Mischfarben-LED bezeichnet werden kann und in der Farbe braun leuchtet. Die beispielhafte lichtemittierende Halbleitereinrichtung 26 umfasst ein Substrat SUB als GaAs- oder Ge-Substrat. Darauf wird eine GaInP-Diode AZ1 gewachsen, welche einen Wellenlängenbereich von ca. $\lambda = 680$ nm abdeckt. Darüber folgt eine np-Trenndiode TD1. Vorzugsweise ist die Trenndiode TD1 mehrschichtig ausgebildet mit einem höheren energetischen Bandgap als die darunter liegende AZ1 und dient als niederohmiger Verbindungswiderstand für die serielle Verschaltung zum weiteren pn-Übergang AZ2, der im Materialsystem AlInGaP eine Wellenlänge λ von ca. 590 nm ausgebildet ist. Schließlich wird wieder eine np-Trenndiode TD2 gewachsen und darauf wiederum ein dritter pn-Übergang als aktive Zone AZ3, welche mit dem Material AlInGaP mit einem Wellenlängenbereich λ von ca. 550 nm ausgebildet ist.

Der Fig. 6b ist eine Spektralverteilung 28 zu entnehmen, die den Verlauf von drei Farb-Peaks 30, 32, 34 zeigt, die für das menschliche Auge den Eindruck einer „braun-LED“ darstellt. Da es verschiedene Brauntöne gibt, kommt es im Wesentlichen auf die verwendete Wellenlänge und die entstehende Intensität der Emissions-

Peaks 30, 32, 34 an. Der braune Eindruck kann mehr rötlich, gelblich oder grünlich gestaltet werden.

Fig. 7a zeigt den schematischen Aufbau einer Mischfarben-LED 36 zur Abgabe von weißem Licht. Die Mischfarben-LED 36 umfasst ein Substrat SUB, auf dem eine untere aktive Zone AZ1 aus AlInGaP-Material (Farbe rot) aufgewachsen ist, gefolgt von einer Tunnel diode TD1 aus AlInGaP-Material mit hohem Bandgap, einer mittleren aktiven Zone AZ2 aus AlInGaP-Material (Farbe grün), einer weiteren Tunnel diode TD2 aus AlInGaP-Material (höheres energetisches Bandgap) und einer oberen aktiven Zone AZ3 aus GaInN-Material, oder AlGaInN-Material in einem Wellenbereich von λ ca. 400 nm bis 450 nm.

Eine Spektralverteilung 38 ist in Fig. 7b dargestellt und umfasst drei Farben-Peaks 40, 42, 44, die für das menschliche Auge den Eindruck einer LED mit der Farbe „weiß“ erzeugen.

Da es viele Weiß-Eindrücke gibt, ist die verwendete Wellenlänge und die entsprechende Intensität der Emissions-Peaks 40, 42, 44 von entscheidender Bedeutung. Der weiße Eindruck kann mehr rötlich, grünlich oder bläulich gestaltet werden.

Des Weiteren kann der weiße Farbeindruck mit jeder Farbe der Normfarbtafel erzeugt werden, deren direkte Verbindungsstrecke durch den Weißpunkt läuft (bei zwei Farben). Werden drei Farben verwendet, wird ein Farbdreieck in der Normfarbtafel aufgespannt. Je nach Verwendung der Farbe und deren Intensität kann auch hierbei der gewünschte Weißpunkt erlangt werden. Nach dem oben genannten Prinzip sind nahezu beliebig viele Mischfarben möglich. Die Variation der Farben/Wellenlänge und deren Intensität müssen nach dem gewünschten Farbton abgestimmt werden.

Fig. 8a zeigt rein schematisch einen Aufbau eines Mischfarben-Sensors 46, wobei die aktiven Zonen PD1 – PD3 als Photodioden ausgebildet sind. Der Mischfarben-Sensor 46 umfasst ein Substrat SUB, an dessen Unterseite ein erster elektrischer

Kontakt K1 angebracht ist. Auf einer Oberseite des Substrats SUB ist beispielhaft eine erste aktive Zone PD1 als GaInP- oder AlInGaP-Photodiode aufgewachsen, welche einen Wellenlängenbereich λ von ca. 600 nm bis 680 nm abdeckt. Die Bandlücke des Materials sollte etwas langwelliger sein, als das zu detektierende Licht. Auf einer im Bereich der Oberseite der Photodiode PD1 ist ein elektrisch leitender Kontakt K1 angebracht und auf einem weiteren Oberflächenbereich ist eine np-Trenndiode TD1 aus AlInGaP-, AlGaAs- oder GaInP-Material angeordnet, die als niederohmiger Verbindungswiderstand für die serielle Verschaltung zum zweiten pn-Übergang dient. Über die Trenndiode TD1 wird eine weitere Photodiode PD2 gewachsen, die als AlInGaP-Diode in einem Wellenbereich von $\lambda =$ ca. 550 nm bzw. etwas langwelliger ausgebildet ist. Darauf ist wiederum eine np-Trenndiode TD2 und anschließend eine weitere Photodiode PD3 als GaInN-Diode mit einem Wellenlängenbereich im Bereich λ von 400 bis 450 nm aufgewachsen. Die spezifische Wellenlänge einer RGB-weiß-LED werden selektiv in den Photodiodenschichten PD1 – PD3 absorbiert und erzeugen ein elektrisches Signal, welches ausgelesen und ausgewertet werden kann. Entsprechende Intensitäten von Signalen 48, 50, 52 sind der Intensitätsverteilung gemäß Fig. 8b zu entnehmen. Nach dem oben genannten Prinzip sind nahezu beliebig viele Mischfarben-Sensoren möglich.

Wie bereits zuvor erläutert, können die Mehr-Peak-Dioden bzw. Multi-Wavelength-Dioden mit Trenndiodenkontakten TD1 – TDn oder mit leitfähigen Kontakten LK seriell verbunden werden, was am Beispiel einer weiß leuchtenden RGB-Diode 54 gemäß Fig. 9a beschrieben wird. Die Mischfarben-LED 54 besteht aus einem Substrat SUB, mit einem Kontakt K1 an seiner Unterseite und einer unteren aktiven Zone AZ1, gefolgt von einer Trenndiode TD1 und einer mittleren aktiven Zone AZ2, falls es in bestimmten Materialsystemen nicht möglich ist, auf ein darunter liegendes System aufzuwachsen, z. B. wegen zu großer Gitterfehlpassung, Kristallstruktur, Wachstumstemperaturen usw., kann ein leitfähiger Kontakt LK wie z. B. Metallkontakt als serielle Verschaltung verwendet werden. Mittels Chip-on-Chip-Bonding kann dieser z. B. geklebt, gelötet, gebondet, geschweißt oder gedrückt werden, wodurch ein Kontakt zwischen den beiden Chips ermöglicht wird. Ein aus dem Substrat (SUB), der aktiven Zone AZ1, Trenndiode TD1 und mittlerer Leucht-

diode AZ2 bestehender Dioden-Stack 58 ist nur mit einem Bond-Kontakt BK an der Oberfläche versehen. Ein weiterer Chip 56, umfassend ein Substrat SUB und eine Leuchtdiode mit der aktiven Zone AZ3, wird mit an seiner Unterseite angeordneten metallischen Kontakt K mit dem Bondkontakt BK des unteren Chips 58 verbunden, so dass ein gleitender Übergang entsteht.

Beispielsweise ist der Aufbau des unteren Chips dadurch gekennzeichnet, dass auf einem Substrat wie GaInP- oder AlInGaP-Diode als Leuchtdiode AZ1 aufgewachsen ist, mit einer Wellenlänge λ im Bereich von 600 nm bis 680 nm (rot). Darüber wird die np-Trenndiode TD1 aus AlInGaP-, AlGaAs- oder GaInP-Material gewachsen, die als niederohmiger Verbindungswiderstand für die serielle Verschaltung zum mittleren pn-Übergang AZ2 führt. Der mittlere pn-Übergang als Leuchtdiode LED2 ist als AlInGaP-Diode mit einer Wellenlänge λ im Bereich von 550 nm (grün) ausgebildet. Die Leuchtdiode AZ2 ist mit dem leitfähigen BK versehen. Durch diesen Chip 58 wird der obere Chip 56 befestigt, wie beispielsweise geklebt, gelötet, gebondet, geschweißt, gedrückt usw., wobei dieser die Farbe blau emittieren kann und beispielsweise aus einem Material wie GaInN-, AlGaInN- oder GaN- Material mit transparentem oder leitfähigem Substrat besteht. Die Diode AZ3 des oberen Chips 56 weist eine Wellenlänge λ im Bereich von ca. 400 bis 450 nm auf.

Eine Spektralverteilung 60 ist in Fig. 9b dargestellt und zeigt den Verlauf von 3-Farb-Peaks 62, 64, 66, die für das menschliche Auge den Eindruck einer weißen Farbe vermitteln.

Da es viele weiß-Kombinationen gibt, kommt es auch hier auf die verwendete Wellenlänge und die entstehende Intensität des Emissions-Peaks an. Der weiße Eindruck kann mehr rötlich, grünlich oder bläulich gestaltet werden.

Der weiße Farbeindruck kann mit jeder Farbe der Normfarbtafel erzeugt werden, deren direkte Verbindungsstrecke durch den Weißpunkt läuft (bei 2 Farben). Wenn drei Farben verwendet werden, wird ein Farbdreieck in der Normfarbtafel aufgespannt. Je nach Verwendung der Farbe und deren Intensität kann man auch hier an

den gewünschten Weißpunkt gelangen. Nach diesen Prinzipien sind viele Mischfarben möglich zu realisieren. Die Variation der Farbe/Wellenlänge und der Intensität müssen für den gewünschten Farbton abgestimmt werden.

Eine weitere Ausführungsform einer lichtemittierenden Halbleitereinrichtung 68 ist in Fig. 10 dargestellt. Diese ermöglicht es, dass innerhalb des Strukturaufbaus bestimmte Intensitäten von Einzel-Peaks parzelliert werden und über die Flächenerhöhung bzw. Flächenvergrößerung eine Intensitätssteigerung ermöglicht wird. Zudem kann auch dadurch zum gesamten Aufbau auch nur ein Teilbereich des gewachsenen Aufbaus mit einem elektrischen Signal versorgt werden.

Auf einem Substrat SUB mit einem an der Unterseite angeordneten Kontakt K1 sind der gesamte Diodenaufbau 70 aufgewachsen. Durch technologische Trennung und technologischen Abtrag der gewachsenen Strukturen kann man einen verringerten Diodenaufbau 72 erhalten. Der erste Diodenaufbau 70 besteht aus einer Abfolge von Leuchtdioden AZ1 – AZ5, welche über Trenndioden TD1 – TD5 seriell miteinander verschaltet sind. Auf der obersten AZ5 ist ein Kontakt K2 aufgebracht.

Der Diodenaufbau 72 umfasst ferner parallel zu den Diodenschichten des Diodenstacks 70, Leuchtdioden AZ1 – AZ3 getrennt durch Trenndioden TD1, TD2. An der oberen Leuchtdiode AZ3 ist ein Kontakt K3 vorgesehen.

Durch diese Anordnung kann eine Erhöhung der Intensität aus Leuchtdiode AZ 1, AZ2 und Leuchtdiode AZ3 durch partielle Flächenvergrößerung erreicht werden.

Eine alternative Ausführungsform umfasst einen Strukturaufbau 74, wobei auf einem Substrat SUB zwei Diodenaufbauten 76, 78 angeordnet sind. Dabei besteht der Diodenstack, wie bereits zuvor erläutert, aus einer Abfolge von beispielsweise fünf Leuchtdioden AZ1 – AZ5, die jeweils über eine Trenndiode TD1 – TD5 verschaltet sind.

Der Diodenaufbau 78 besteht aus Leuchtdioden AZ1, AZ2, die über Trenndioden TD1 und TD2 seriell verschaltet sind. Der Strukturaufbau 74 zeichnet sich dadurch aus, dass durch den Teilbereich 78 das emittierende Licht zusätzlich mit einem elektrischen Signal versehen werden kann.

Die zuvor beschriebenen technologischen Varianten ermöglichen, dass innerhalb des Strukturaufbaus 68, 74 bestimmte Intensitäten-Peaks parzelliert werden können. Über die Flächenerhöhung kann zudem eine Intensitätssteigerung ermöglicht werden. Auch kann dadurch zum gesamten Aufbau 70, 72 bzw. 76, 78 ein Teilbereich mit einem elektrischen Signal versehen werden.

Alle zuvor aufgeführten systematischen und technologischen Varianten können in Chip-Bauweise (dies) oder als Display angewandt werden. Der schematische Aufbau eines Farbdisplays 80 ist beispielsweise in Fig. 12 dargestellt, umfassend ein Grundsubstrat SUB mit einem unteren Kontakt K1, wobei jeder Pixel 82 sogar entsprechende Farben selektiv ansteuerbar sind.

Die Pixel 82 umfassen dabei eine Struktur der oberen im Zusammenhang mit Fig. 1 – 11 beschriebenen Ausführungsformen. Dabei wird von einem RGB-Chip ausgegangen. Durch diese Display-Bauweise können Bildschirme hergestellt werden, die sehr hell leuchten und durch sehr kleine Pixel-Bauweise eine sehr hohe Auflösung aufweisen.

Das Prinzip der Multi-Wavelength-Diode kann für die vielfältigsten Anwendungen eingesetzt werden, z. B.:

- im Beleuchtungsbereich durch die Herstellung von sehr hellen weißen LED's und Mischfarben-LED's mittels eines Chips,
- die Multi-Wavelength-Photodioden (Sensoren) zur Überwachung von Mischfarben-Licht eingesetzt und detektieren die Zusammensetzung des Lichtspektrums,
- Bandemissionsdioden in der Sensorik (Spektralanalyse, Farbmessung und vieles mehr),

- das Ein-Chip-Design kann nach individuellen Anforderungen gefertigt werden,
- für kleine und mittelgroße Bildschirmdisplays mit sehr hoher Auflösung und Lichtstärke,
- zur Datenübertragung von verschiedenfarbigen Signalen bei gleicher Übertragungsfrequenz (Glasfaser-Übertragung) u. v. m.

Patentansprüche

Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur

1. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur wie Leuchtdiode oder Photodiode (10, 16, 24, 26, 36, 46, 54, 68, 74, 80), umfassend ein Substrat (SUB) mit zumindest zwei aktiven Zonen (AZ1 – AZn), von denen jede eine Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge emittiert oder absorbiert, wobei eine erste (untere) aktive Zone (AZ1) auf eine Oberfläche des Substrates (SUB) aufgewachsen ist, wobei zumindest eine weitere (obere) aktive Zone (AZ1 – AZn) epitaktisch aufgewachsen ist und wobei die aktiven Zonen (AZ1 – AZn) über zumindest eine als niederohmiger Widerstand dienende Trennschicht (TD1 – TDn) von der unteren aktiven Zone (AZ1) bis zu der oberen aktiven Zone (AZn) seriell verschaltet sind, wobei die Trennschicht (TD1 – TDn) als gegenpolarisierter np- oder pn-Übergang in Form einer Trenndiode bzw. Tunneldiode ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterstruktur (10, 16, 24, 26, 36, 46, 54, 68, 74, 80) als eine definiert viele Lichtwellenlängen emittierende oder absorbierende Multiwavelength-Diode ausgebildet ist, dass zwischen der unteren aktiven Zone (AZ1) und der oberen aktiven Zone (AZn) ein oder mehrere weitere aktive Zonen (AZn) epitaktisch aufgewachsen sind, dass die unterste aktive Zone (AZ1) eine geringe energetische Bandlücke aufweist, wobei die folgenden aktiven Zonen (AZ2 – AZn) jeweils eine höhere energetische Bandlücke aufweisen, als eine vorherige aktive Zone und dass die zum Aufwachsen bzw. Epitaxieren der Trenndioden bzw. Tunneldioden (TD) verwendeten Halbleitermaterialien entweder einen indirekten Bandübergang aufweisen oder eine energetische Bandlücke, die jeweils etwas höher liegt als die der darunter liegenden verwendeten Halbleitermaterialien.

2. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur wie Leuchtdiode oder Photodiode (10, 16, 24, 26, 36, 46, 54, 68, 74, 80), umfassend ein Substrat (SUB) mit zumindest zwei aktiven Zonen (AZ1 – AZn), von denen jede eine Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge emittiert oder absorbiert, wobei eine erste (untere) aktive Zone (AZ1) auf eine Oberfläche des Substrates (SUB) aufgewachsen ist, wobei zumindest eine weitere (obere) aktive Zone (AZ1 – AZn) epitaktisch aufgewachsen ist und wobei die aktiven Zonen (AZ1 – AZn) über zumindest eine als niederohmiger Widerstand dienende Trennschicht (TD1 – TDn) von der unteren aktiven Zone (AZ1) bis zu der oberen aktiven Zone (AZn) seriell verschaltet sind,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Halbleiterstruktur (10, 16, 24, 26, 36, 46, 54, 68, 74, 80) als eine definiert viele Lichtwellenlängen emittierende oder absorbierende Multiwavelength-Diode ausgebildet ist, dass zwischen der unteren aktiven Zone (AZ1) und der oberen aktiven Zone (AZn) ein oder mehrere weitere aktive Zonen (AZn) epitaktisch aufgewachsen sind, dass die unterste aktive Zone (AZ1) eine geringe energetische Bandlücke aufweist, wobei die folgenden aktiven Zonen (AZ2 – AZn) jeweils eine höhere energetische Bandlücke aufweisen, als eine vorherige aktive Zone und dass die Trennschicht (TD1-TDn) als metallischer Kontakt (K) ausgebildet ist.
3. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Material des Substrates (SUB) GaAs, Ge, InP, GaSb, GaP, InAs, Si, SiGe, SiC, SiGe : C, Saphir, Diamant ist.
4. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass das Material der aktiven Zonen (AZ1 – AZn) GaAs, GaInP (geeignete Kompositionen), AlGaAs (viele geeignete Kompositionen), GaInAs (geeignete Kompositionen), AlInGaP (viele geeignete Kompositionen), GaAsN, GaN, GaInN, InN, GaInAlN (geeignete Kompositionen), GaAlSb, GaInAlSb, CdTe, MgSe, MgS, 6HSiC, ZnTe, CgSe, GaAsSb, GaSb, InAsN, 4H-SiC, α – Sn, BN, BP, BAs, AlN, ZnO, ZnS, ZnSe, CdSe, CdTe, HgS, HgSe, PbS, PbSe, PbTe, HgTe, HgCdTe, CdS, ZnSe, InSb, AlP, AlAs, AlSb, InAs und/oder AlSb ist oder eine oder mehrere dieser Materialien enthält.

5. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine Bandemissionsdiode (16) folgenden Aufbau umfasst:

- ein GaAs- oder Ge-Substrat (SUB),
- eine auf das Substrat aufgewachsene GaAs-Diode (AZ1) (untere Diode),
- darüber in abwechselnder Reihenfolge eine auf die GaAs-Diode (AZ1) aufgewachsene Trenndiode wie GaInP-Trenndiode (TD) bzw. AlGaAs-Trenndiode (TD1 ... TDn) gefolgt von einer auf die Trenndiode aufgewachsenen GaInP-Diode (AZ3) bzw. AlGaAs-Diode (AZ3-AZn),

wobei der Bandemissionsbereich dadurch definiert wird, dass die Anzahl der Dioden (AZ1 – AZn), die Anzahl sowie deren Breite der Peaks einen zusammenliegenden Lichtemissionsbereich ausbildet, in der Art, wie er durch einen einzelnen Peak nicht erreicht werden könnte und somit ein resultierender Emissionsbereich entsteht.

6. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass auf eine aktive Zone (AZn) eine Absorptionsschicht (AbsS) mit gleichem Material der pn-Schicht der aktiven Zone (AZn) aufgewachsen ist.

7. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die einzelnen aktiven Zonen (AZ1 – AZn) jeweils mit einem eigenen metallischen Kontakt (K) zum Anschluss einer Zuleitung versehen sind.
8. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Mischfarben-LED (26) (braun) folgenden Aufbau umfasst:
- ein GaA- oder Ge-Substrat (SUB),
 - eine auf das Substrat aufgewachsene untere aktive Zone (AZ1) aus z. B. GaInP (auch AlGaInP),
 - eine erste auf die untere aktive Zone aufgewachsene Trenndiode (TD1) aus GaInP oder AlGaInP,
 - eine auf die Trenndiode aufgewachsene mittlere aktive Zone (AZ2) aus AlInGaP,
 - eine zweite Trenndiode (TD2) und
 - eine auf die zweite Trenndiode aufgewachsene obere aktive Zone (AZ3) aus AlInGaP.
9. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Mischfarben-LED (36) folgenden Aufbau umfasst:
- ein GaAa- oder Ge-Substrat (SUB),
 - eine auf das Substrat aufgewachsene untere aktive Zone (AZ1) gefolgt von zwei weiteren aktiven Zonen (AZ2 – AZn) zwischen denen jeweils eine Tunnelndiode (TD1 – TDn) angeordnet ist und wobei die obere aktive Zone (AZn) einen metallischen Kontakt (K) zur Verbindung mit einem elektrischen Anschluss aufweist.

10. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der zwischen den aktiven Zonen (AZ1 – Azn) angeordnete Metallkontakt (K, BK, LK) geklebt, gelötet, gedrückt, gebondet oder geschweißt ist.
11. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die untere aktive Zone (AZ1) aus einem AlInGaP-Material mit einer Wellenlänge von ca. 620 nm ist, dass die mittlere aktive Zone (AZ2) ein AlInGaP-Halbleitermaterial mit einer Wellenlänge von ca. 550 nm ist und dass die obere aktive Zone (AZ3) ein GaInN-Halbleitermaterial mit einer Wellenlänge im Bereich von ca. 400 bis 450 nm ist.
12. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass einer obersten aktiven Zonen (AZn) einen Kontakt (BK) wie Bond-Kontakt aufweist.
13. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die aktive Zonen (AZ1 – Azn, PD1 – PDn) aufweisende Halbleiterstruktur (46) ein Mischfarbensensor ist, wobei die aktiven Zonen (PD1 – PDn) als Photodioden ausgebildet sind und eintreffendes Mischfarbenlicht selektiv in den dazugehörigen aktiven Zonen absorbierbar ist, von wo ein generierter Strom selektiv abgreifbar ist.
14. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Mischfarbensensor (46) den folgenden Aufbau aufweist:

- ein GaAs- oder ein Ge-Substrat (SUB) auf dessen Unterseite ein metallischer Kontakt (K) und auf dessen Oberseite eine GaInP- oder AlInGaP-Photodiode (PD1) aufgebracht wie aufgewachsen ist,
- dass auf der Photodiode eine np-Trenndiode (TD1) aus einem AlInGaP-, AlGaAs- oder GaInP-Material aufgebracht ist,
- ein zweiter pn-Übergang aus einer AlInGaP-Photodiode (PD2),
- eine np-Trenndiode (TD2) und
- ein dritter pn-Übergang als die GaAlN- oder AlGaInN-Photodiode (PD3) ausgebildet ist.

15. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die erste Photodiode (PD1) in einem Wellenbereich von $\lambda = 600$ nm bis 680 nm liegt, dass die mittlere Photodiode (PD2) in einem Wellenbereich von $\lambda = 550$ nm liegt und dass die dritte Photodiode (PD3) in einem Wellenbereich von $\lambda = 400$ nm bis 450 nm liegt.

16. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass jede der lichtdetektierenden Photodioden (PD1 – PDn) mit einem metallischen Kontakt (K) zum Anschluss einer elektrischen Leitung versehen ist.

17. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die aktiven Zonen aufweisende Halbleiterstruktur wie Leuchtdiode oder Photodiode ein Farbdisplay (80) bilden.

18. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Farbdisplay (80) aus einer Vielzahl von lichtemittierenden Halbleitereinrichtungen (82) gemäß zumindest einem der Ansprüche 1 bis 17 ausgebildet ist, wobei ein Pixel (82) des Farbdisplays (80) einer lichtemittierenden Halbleitereinrichtung entspricht und wobei jeder Pixel (82) und die entsprechenden Farben selektiv ansteuerbar sind.

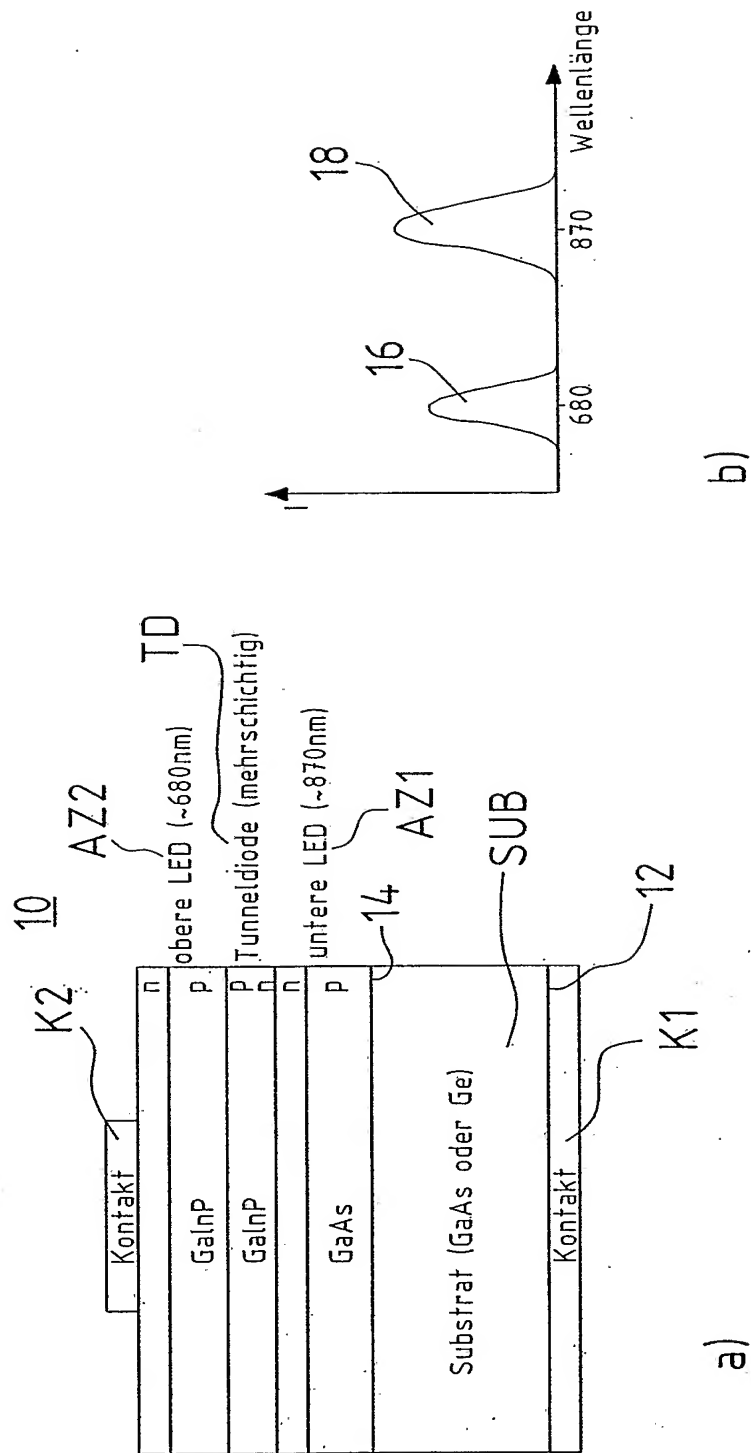


Fig.1

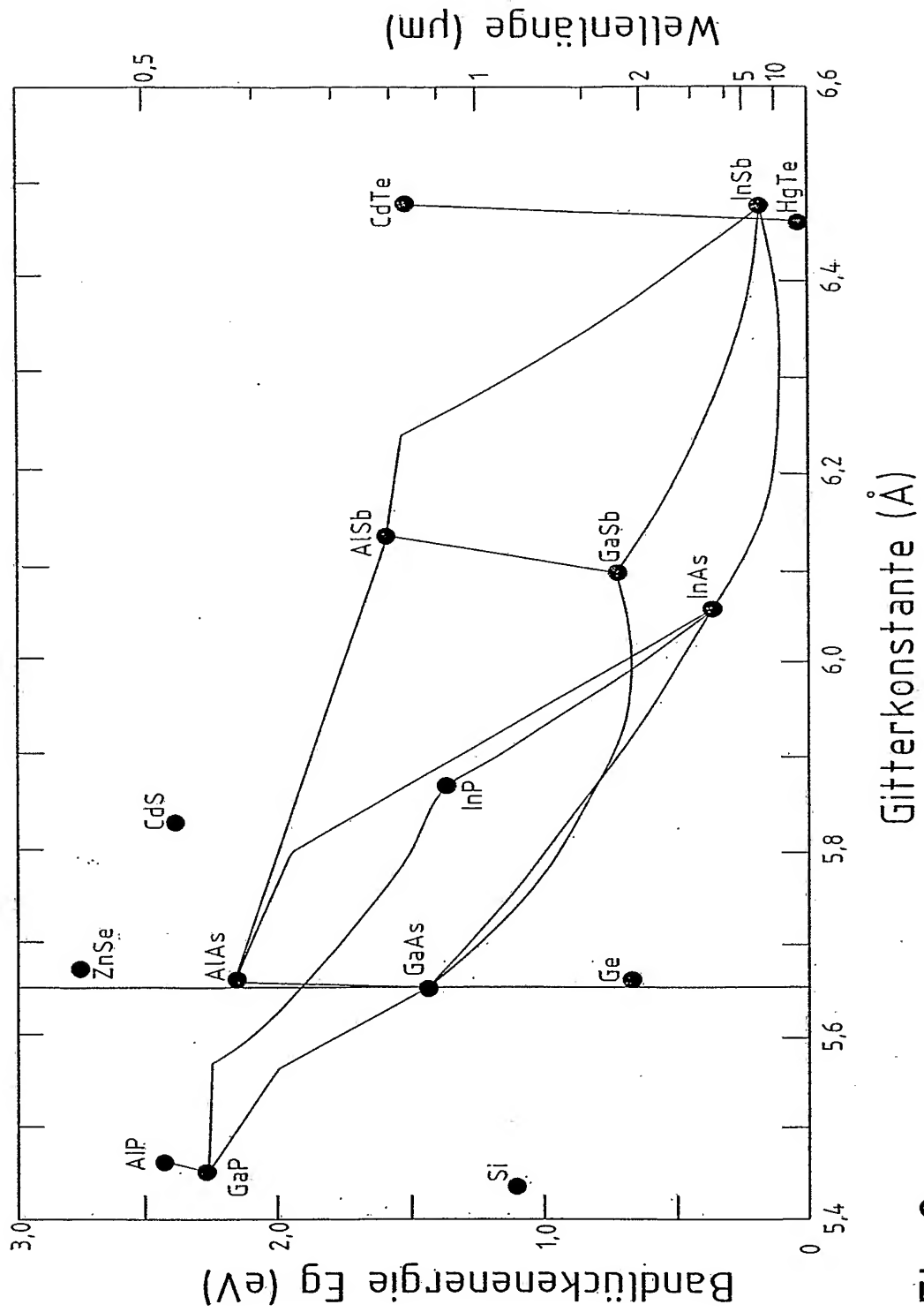


Fig.2

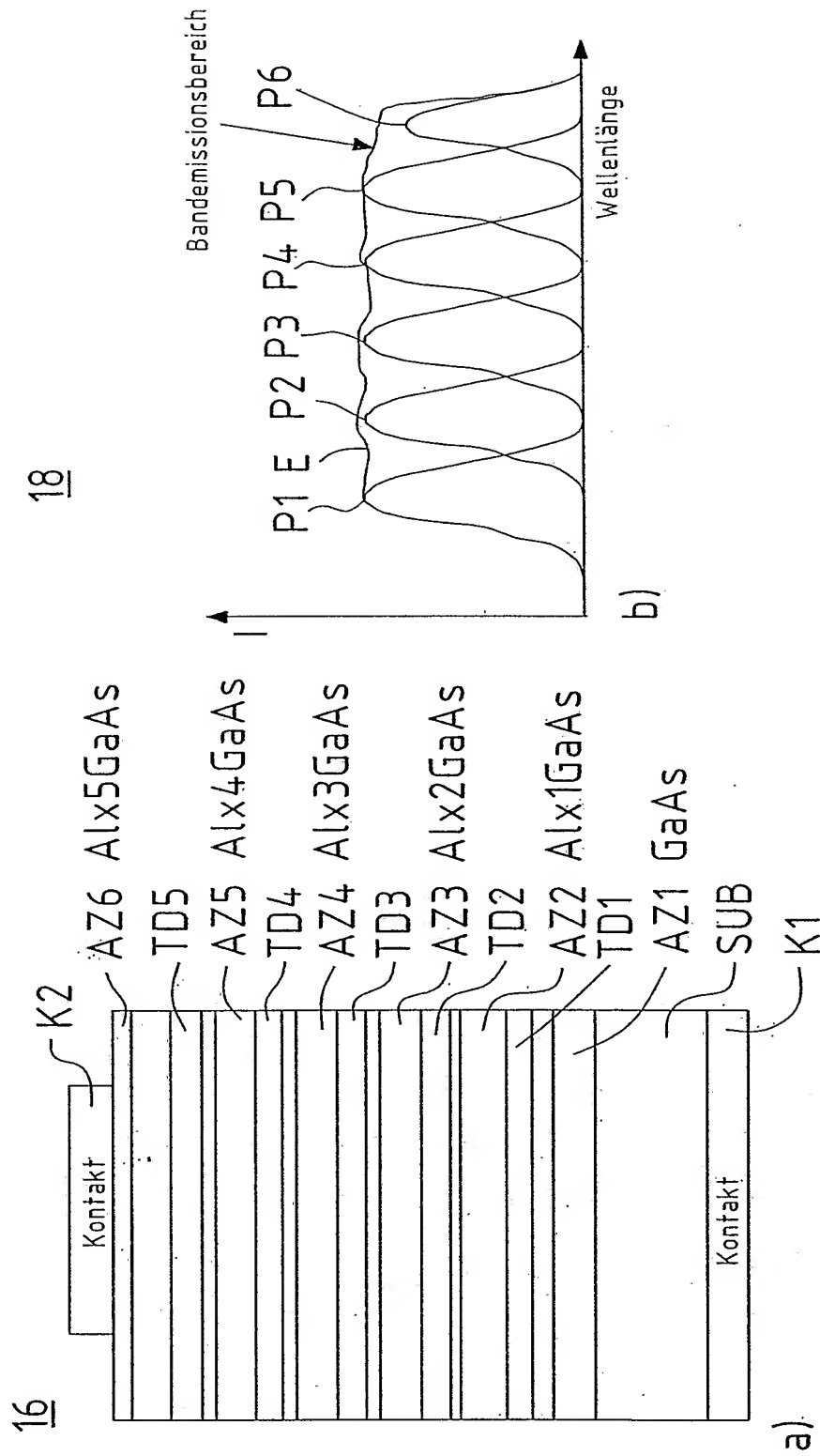


Fig.3

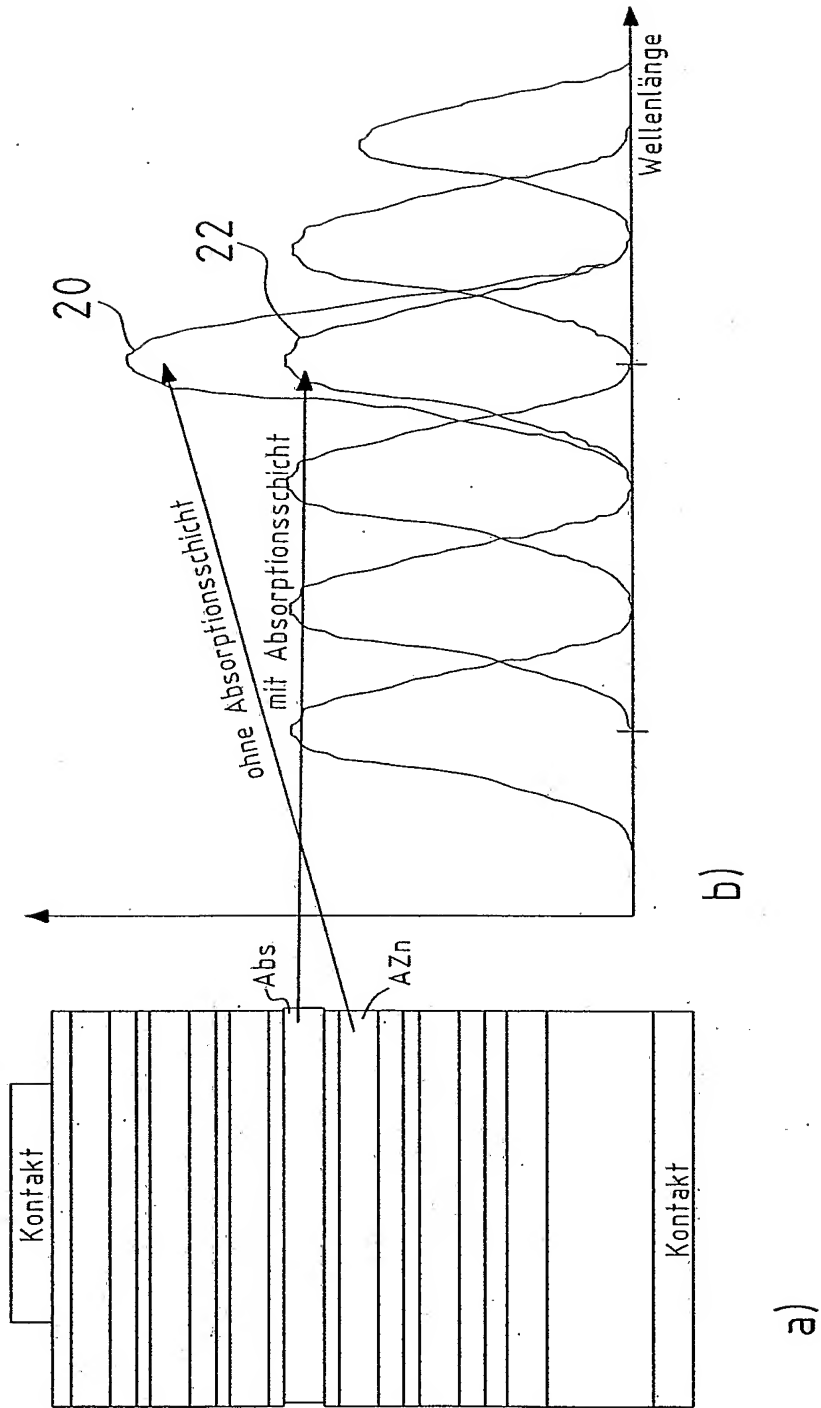


Fig.4

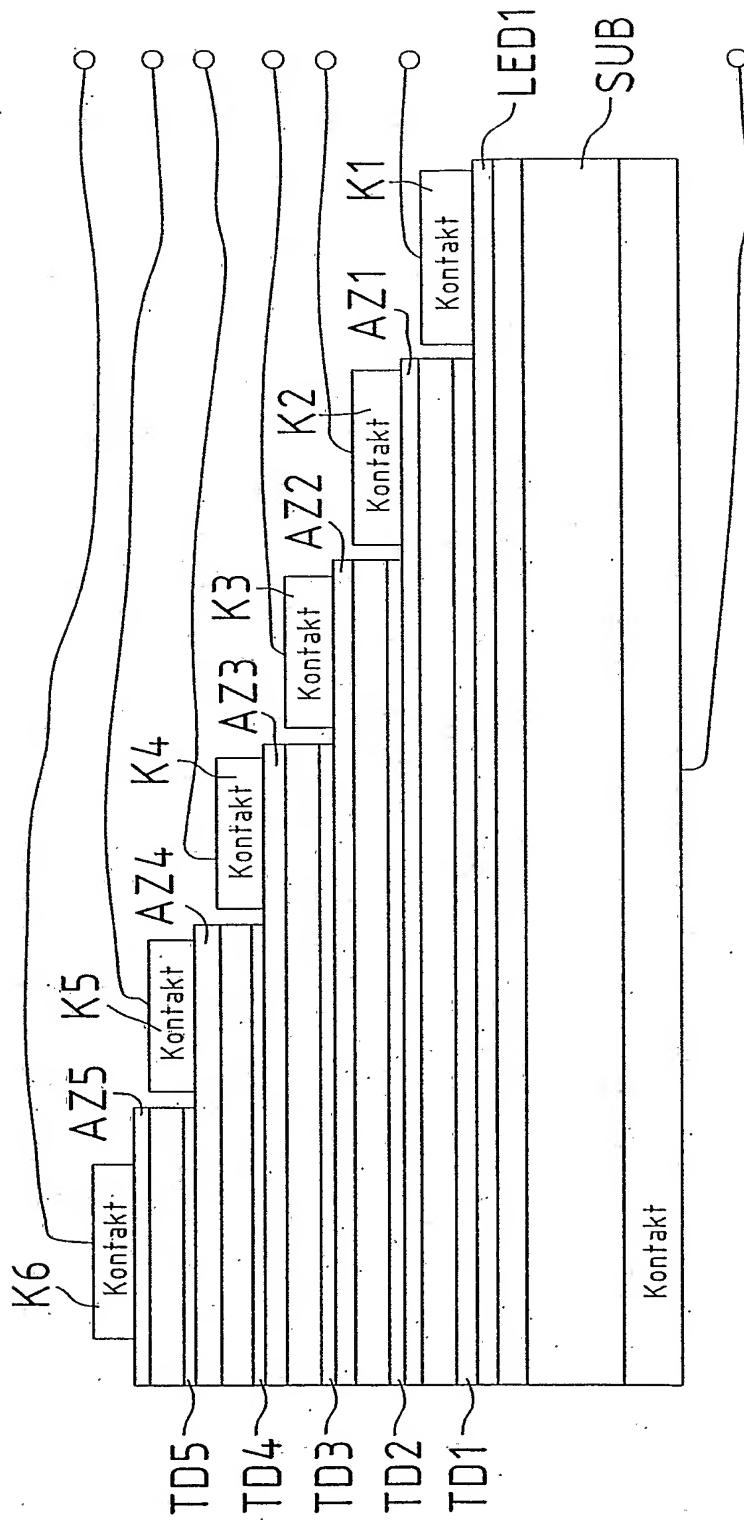
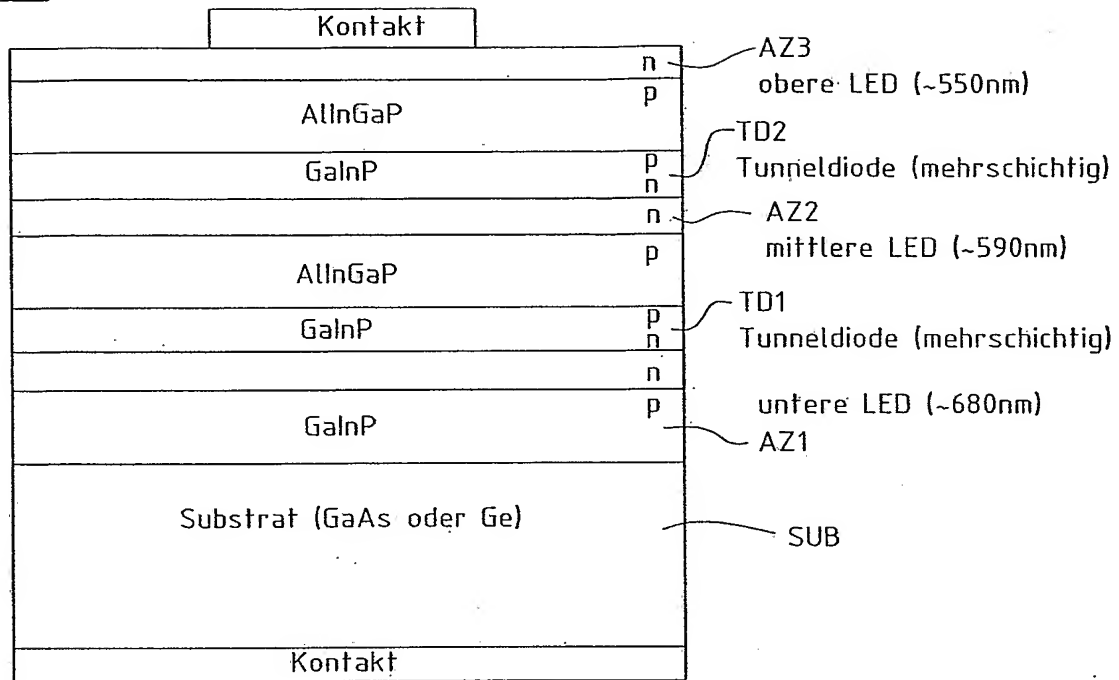
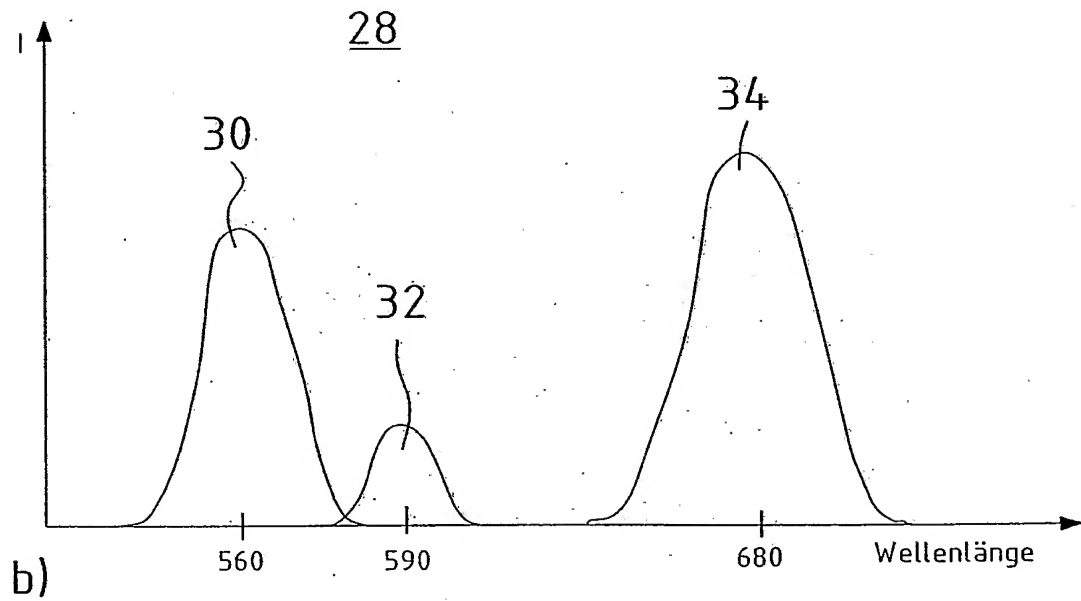


Fig.5

26

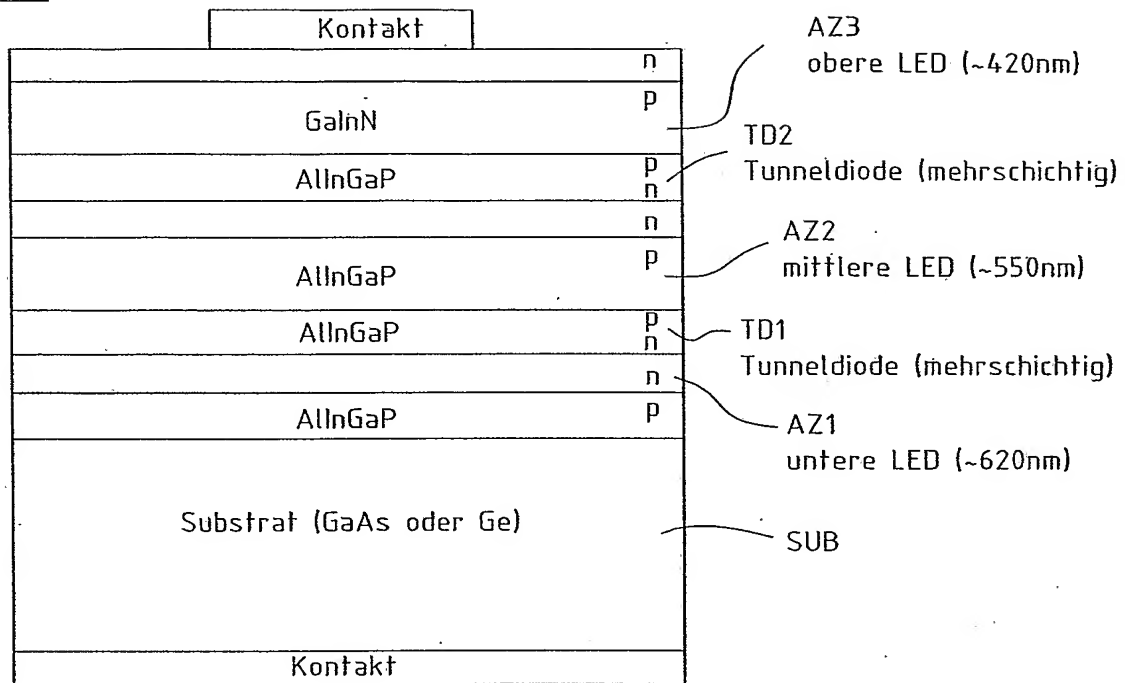
a)



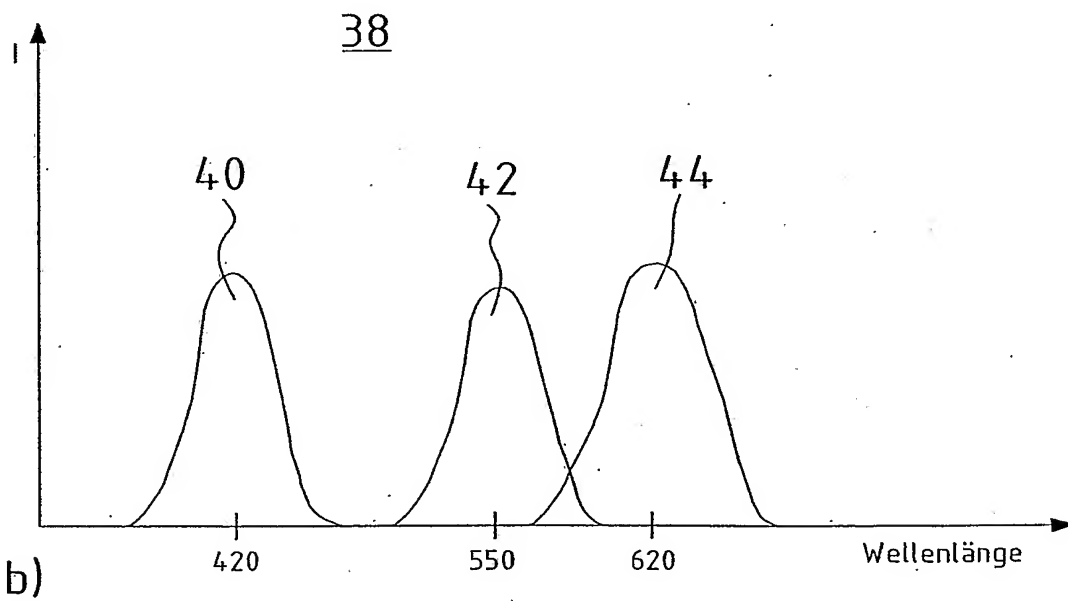
b)

Fig.6

36



a)



b)

Fig.7

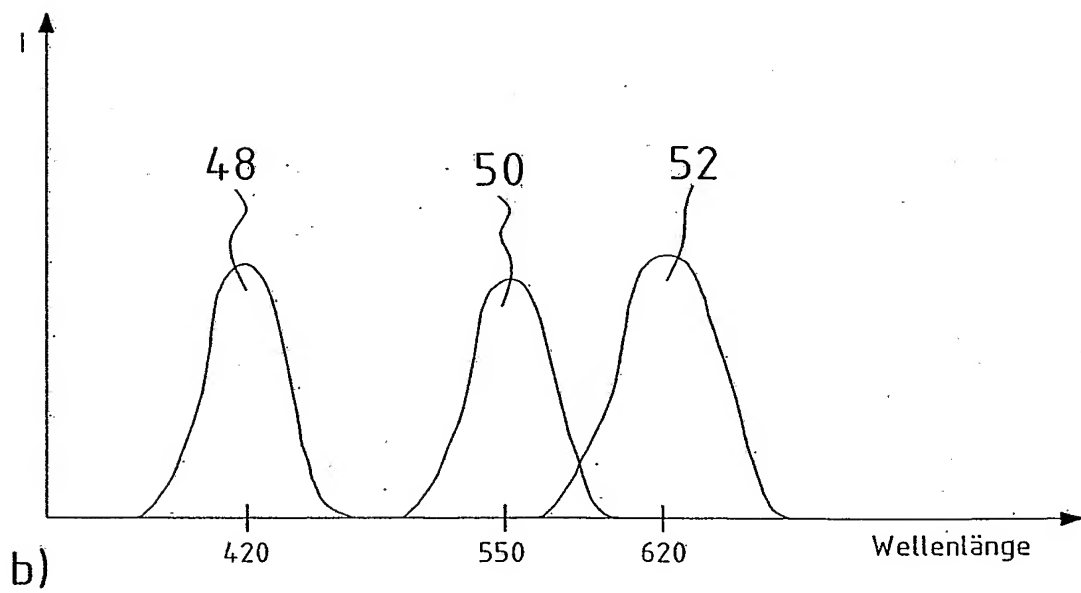
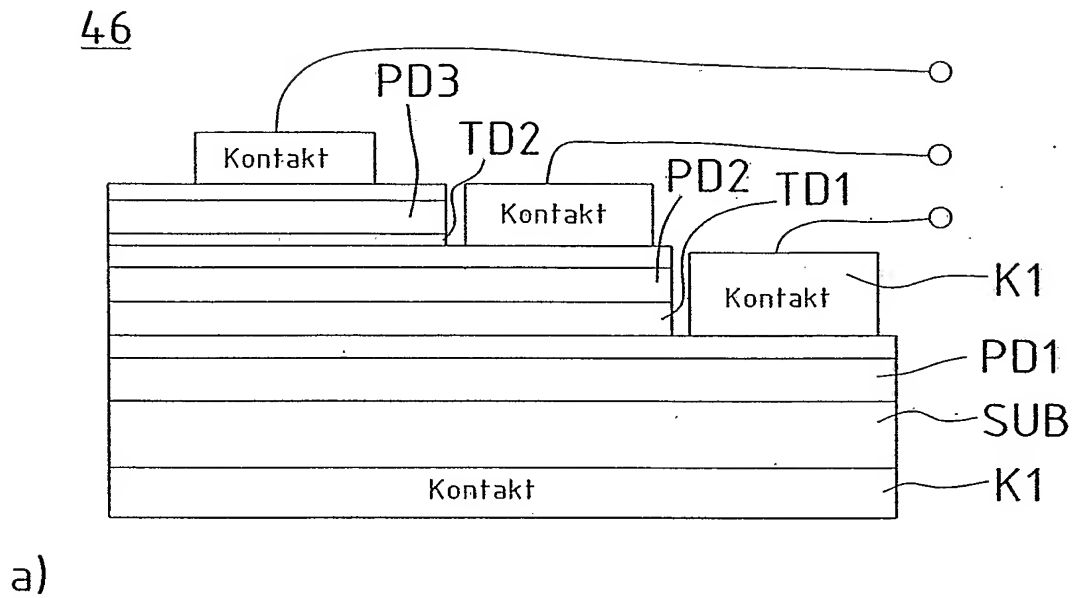


Fig.8

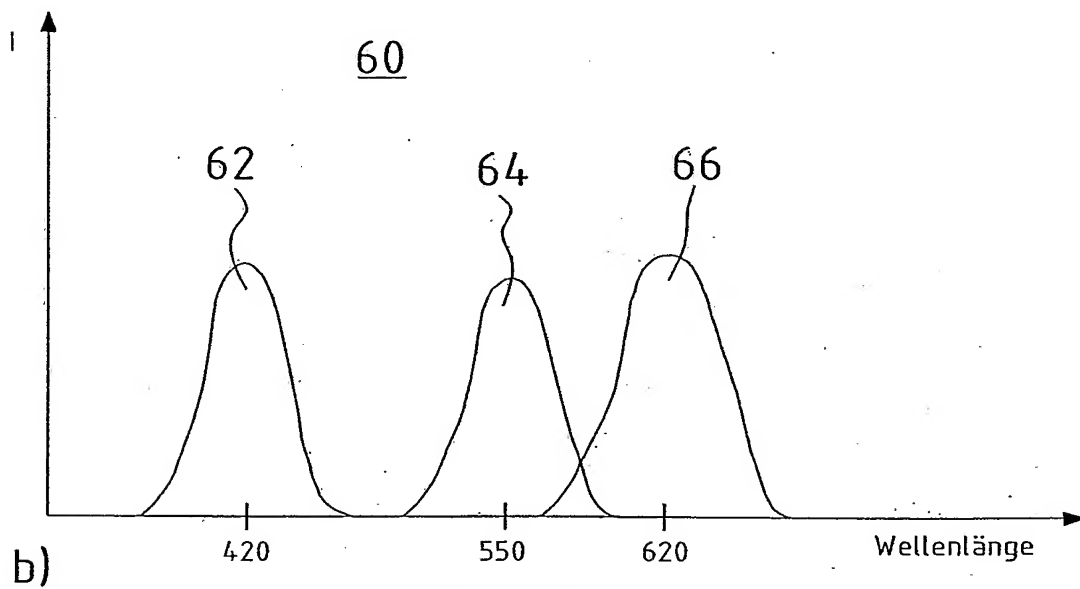
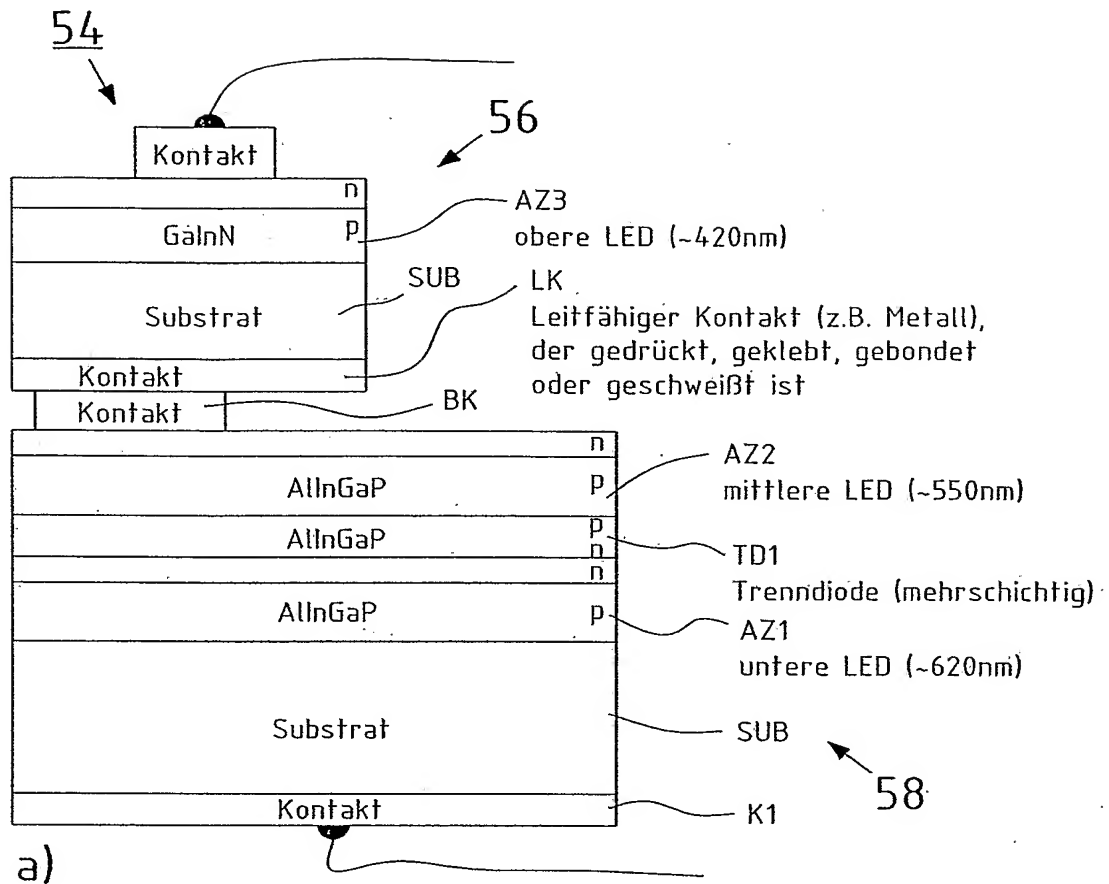


Fig.9

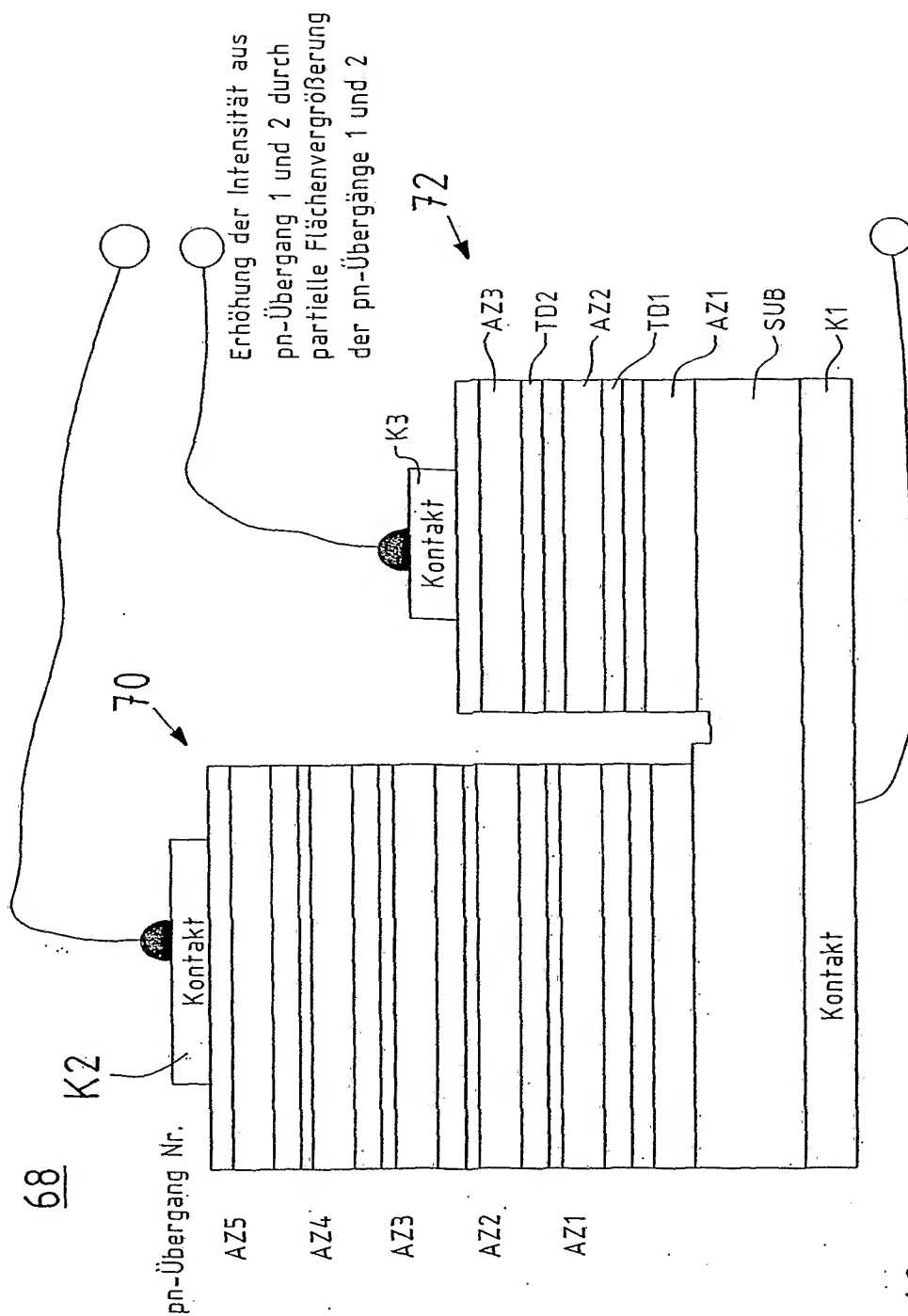


Fig.10

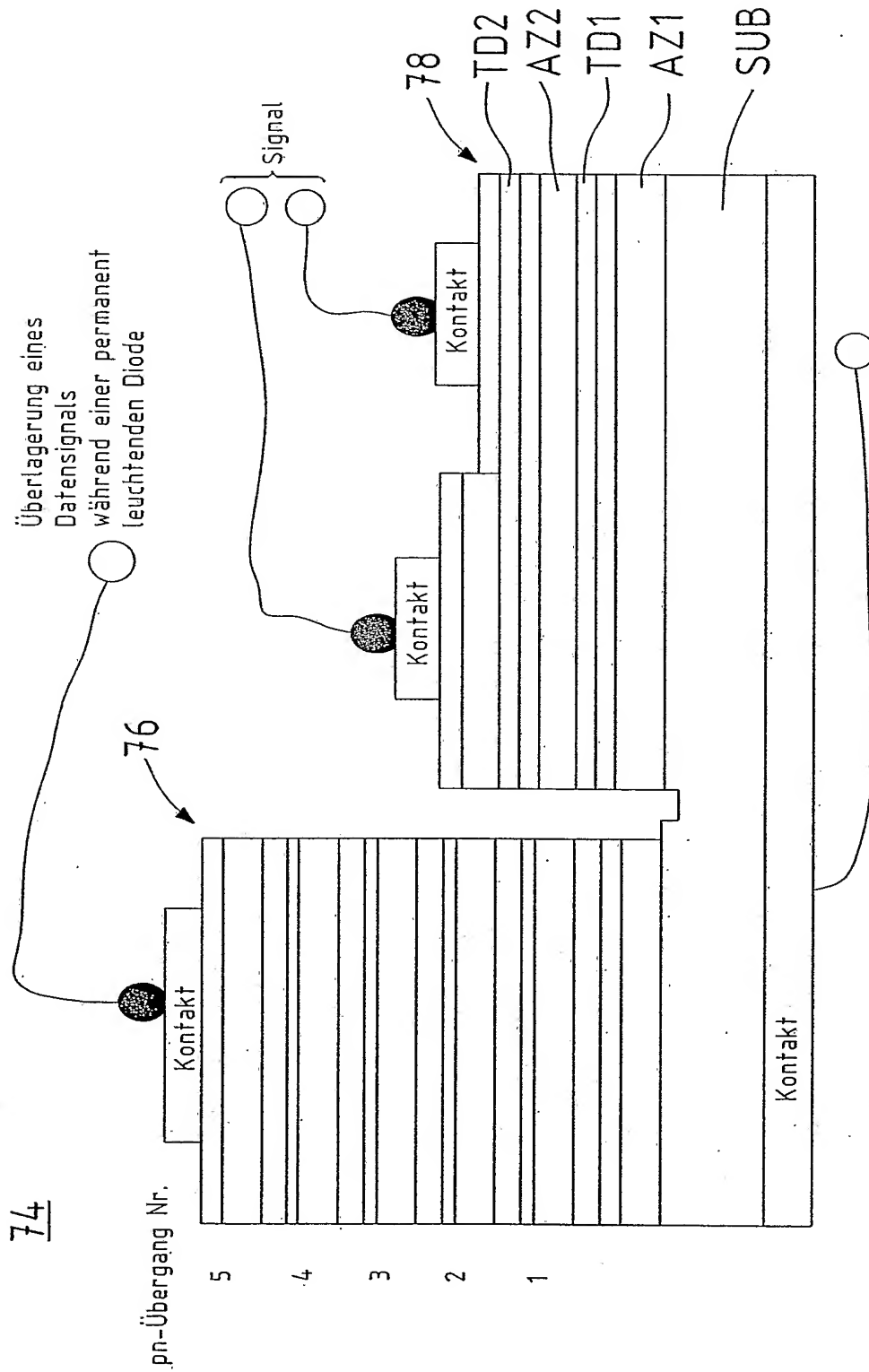


Fig.11

80

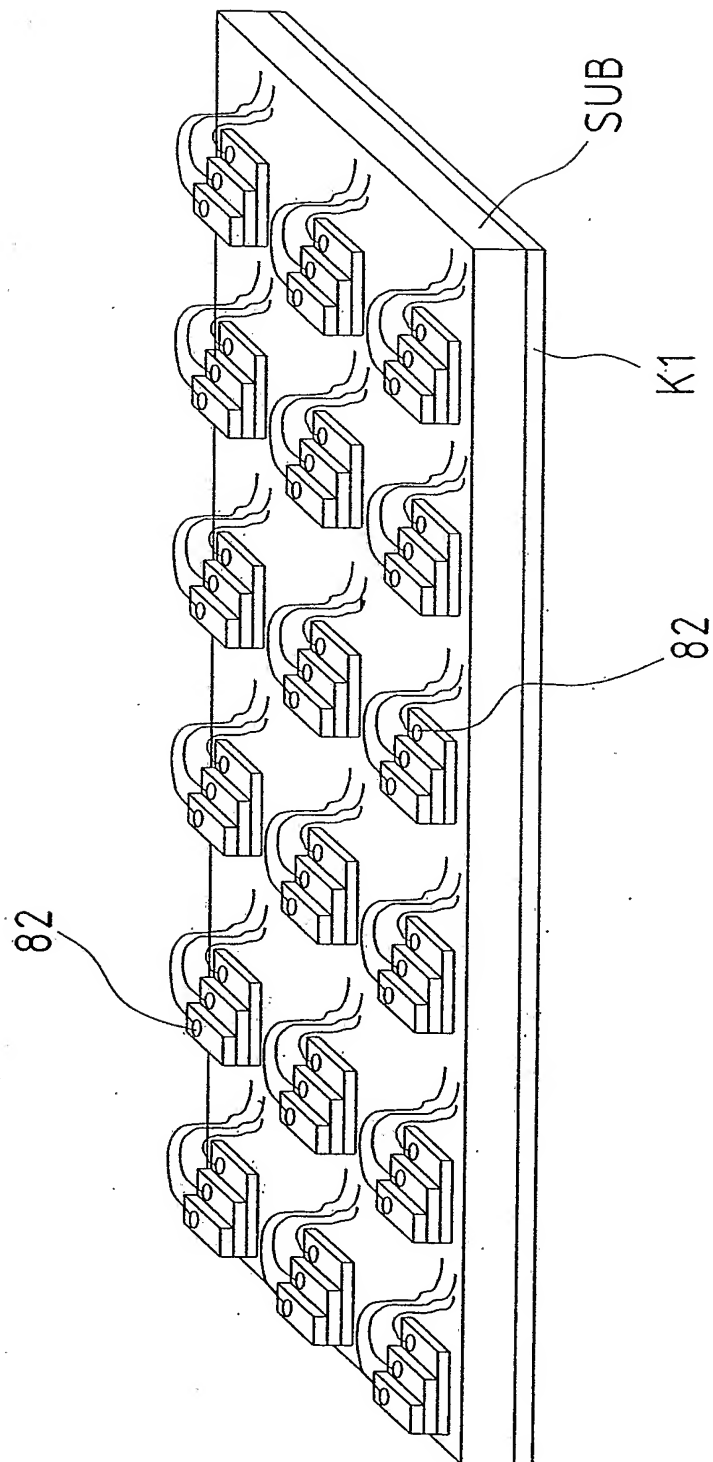


Fig.12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/050759

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 E04F21/165

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 E04F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 740 031 A (GUTMANN, RUDOLF HB UNTERNEHMENSBERATUNG GMBH; HB UNTERNEHMENSBERATUNG) 30 October 1996 (1996-10-30) column 4, line 11 - line 57; figures 1,5	1,3-14
X	GB 2 348 237 A (NIGEL ANTHONY * CHUTE) 27 September 2000 (2000-09-27) page 9, line 8 - page 10, line 14; figures 4-10	1,3-6, 10-14
X	DE 201 12 765 U1 (KOEPPLE, MARCEL) 19 December 2002 (2002-12-19) the whole document	1-7,10, 12-14
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 May 2005

Date of mailing of the international search report

24/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Severens, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/050759

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 198 26 535 A1 (BECKLER, NORBERT) 16 December 1999 (1999-12-16) column 2, line 59 - column 3, line 57; figures	1,3,4,6, 8-14
A	EP 1 353 024 A (VEITH, NADINE) 15 October 2003 (2003-10-15) figure 1	7,8
A	DE 87 10 154 U1 (STICH, JAN, 3582 FELSBERG, DE) 8 October 1987 (1987-10-08) figure 1	2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/050759

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0740031	A	30-10-1996	DE 29506910 U1 DE 19521903 A1 AT 200130 T DE 59606655 D1 EP 0740031 A1	19-10-1995 31-10-1996 15-04-2001 03-05-2001 30-10-1996
GB 2348237	A	27-09-2000	GB 2338502 A GB 2348238 A ,B GB 2338503 A ,B	22-12-1999 27-09-2000 22-12-1999
DE 20112765	U1	19-12-2002	NONE	
DE 19826535	A1	16-12-1999	DE 29813748 U1	14-01-1999
EP 1353024	A	15-10-2003	DE 20205532 U1 DE 20300783 U1 EP 1353024 A2 US 2003192142 A1	14-08-2002 15-05-2003 15-10-2003 16-10-2003
DE 8710154	U1	08-10-1987	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/2005/050759

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 E04F21/165

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 E04F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 740 031 A (GUTMANN, RUDOLF HB UNTERNEHMENSBERATUNG GMBH; HB UNTERNEHMENSBERATUNG) 30. Oktober 1996 (1996-10-30) Spalte 4, Zeile 11 - Zeile 57; Abbildungen 1,5	1,3-14
X	GB 2 348 237 A (NIGEL ANTHONY * CHUTE) 27. September 2000 (2000-09-27) Seite 9, Zeile 8 - Seite 10, Zeile 14; Abbildungen 4-10	1,3-6, 10-14
X	DE 201 12 765 U1 (KOEPPLE, MARCEL) 19. Dezember 2002 (2002-12-19) das ganze Dokument	1-7,10, 12-14
	----- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Mai 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/05/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Severens, G

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 198 26 535 A1 (BECKLER, NORBERT) 16. Dezember 1999 (1999-12-16) Spalte 2, Zeile 59 – Spalte 3, Zeile 57; Abbildungen	1,3,4,6, 8-14
A	EP 1 353 024 A (VEITH, NADINE) 15. Oktober 2003 (2003-10-15) Abbildung 1	7,8
A	DE 87 10 154 U1 (STICH, JAN, 3582 FELSBERG, DE) 8. Oktober 1987 (1987-10-08) Abbildung 1	2

INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/050759

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0740031 A	30-10-1996	DE 29506910 U1	19-10-1995
		DE 19521903 A1	31-10-1996
		AT 200130 T	15-04-2001
		DE 59606655 D1	03-05-2001
		EP 0740031 A1	30-10-1996
GB 2348237 A	27-09-2000	GB 2338502 A	22-12-1999
		GB 2348238 A ,B	27-09-2000
		GB 2338503 A ,B	22-12-1999
DE 20112765 U1	19-12-2002	KEINE	
DE 19826535 A1	16-12-1999	DE 29813748 U1	14-01-1999
EP 1353024 A	15-10-2003	DE 20205532 U1	14-08-2002
		DE 20300783 U1	15-05-2003
		EP 1353024 A2	15-10-2003
		US 2003192142 A1	16-10-2003
DE 8710154 U1	08-10-1987	KEINE	